

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт цветных металлов и материаловедения
институт
Композиционные материалы и физико-химия металлургических процессов
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Шиманский А. Ф.
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 2017 г

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

22.03.02.08– Порошковая металлургия, композиционные материалы, покрытия
код – наименование направления

Использование отходов магнитной сепарации железных руд в технологии
керамического кирпича
тема

Руководитель	_____	доцент, канд. хим. наук	М. Н. Васильева
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		Д. Е. Апанская
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Красноярск 2017

Продолжение титульного листа бакалаврской работы по теме: Использование отходов магнитной сепарации железных руд в технологии керамического кирпича

Консультанты по разделам:

Литературный обзор		
наименование раздела	подпись, дата	М. Н. Васильева инициалы, фамилия
Методическая часть		
наименование раздела	подпись, дата	М. Н. Васильева инициалы, фамилия
Экспериментальная часть		
наименование раздела	подпись, дата	М. Н. Васильева инициалы, фамилия

Нормоконтролер		
	подпись, дата	М. Н. Васильева инициалы, фамилия

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт цветных металлов и материаловедения

институт

Композиционные материалы и физико-химия металлургических процессов
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Шиманский А. Ф.

подпись

инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2017 г

ЗАДАНИЕ

НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

в форме бакалаврской работы

бакалаврской работы, дипломного проекта, дипломной работы, магистерской диссертации

студенту Апанской Дарьи Евгеньевны

фамилия, имя, отчество

Группа ЦМ 13-12Б Направление (специальность) 22.03.02.08

номер

код

Порошковая металлургия, композиционные материалы, покрытия

Наименование

Тема выпускной квалификационной работы: Использование отходов магнитной сепарации в технологии керамического кирпича

Утверждена приказом по университету № 2584/С от 05.06.2016

Руководитель ВКР М.Н. Васильева, доцент, канд.хим.наук, кафедра «КМиФКМП» ИЦМиМ СФУ

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР: отчет по преддипломной практике

Перечень разделов ВКР: введение, литературный обзор, методическая часть, экспериментальная часть, заключение, список использованных источников

Перечень графического материала: презентация по теме исследования

Руководитель ВКР

подпись

М.Н. Васильева

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

подпись

Д.Е Апанская

инициалы и фамилия

«__» _____ 2017 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Использование отходов магнитной сепарации железных руд в технологии керамического кирпича» содержит 42 страницы текстового документа, 22 использованных источника, 13 рисунков, 9 таблиц.

КЕРАМИЧЕСКИЙ КИРПИЧ, ПОЛУСУХОЕ ПРЕССОВАНИЕ, ОБЖИГ, ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ, ПОРИСТОСТЬ, ОБЩАЯ ЛИНЕЙНАЯ УСАДКА

Объектом исследования являются отходы сухой магнитной сепарации железных руд.

Цель работы – исследование влияния содержания отходов обогащения железных руд на свойства керамического кирпича, полученного методом сухого прессования.

В ходе выполнения работы установлено, что увеличение концентрации отходов до 50 масс. % приводит к уменьшению водопоглощения до 13,2 %.

Увеличение температуры обжига кирпича до 1100 °С приводит к снижению его пористости до 10,5 %. Реализация процесса обжига в восстановительной атмосфере повышает прочность получаемой керамики на 17 %.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Литературный обзор	6
1.1 Технология производства керамических изделий.....	6
1.2 Сырьевые материалы, используемые для производства керамических изделий.	12
1.3 Добавки, используемые при производстве керамического кирпича..	18
2 Методическая часть	21
2.1 Подготовка сырьевых материалов и керамических масс	21
2.2 РФА, РСА.....	21
2.3 Методики определения физических характеристик.....	22
2.4 Подготовка образцов к исследованию микроструктуры	25
3 Экспериментальная часть.....	26
3.1 Подготовка и исследование свойств сырьевых материалов.....	26
3.2 Исследование влияния концентрации вводимой добавки на водопоглощение и пористость керамических образцов	30
3.3 Исследование влияния температуры обжига на свойства керамических образцов.....	33
3.4 Исследование влияние среды обжига на свойства керамики.....	36
Заключение	39
Список используемых источников.....	40

ВВЕДЕНИЕ

Ежегодный объем образующихся отходов в горнодобывающей и обогащающей промышленности Российской Федерации составляет более 13 млн. т., большая часть из которых складывается в отвалы.

Одним из путей решения проблемы является использование производственных отходов и попутных продуктов в производстве строительных материалов, например, кирпича.

По способу изготовления различают кирпичи пластического и полусухого прессования. В первом случае, подготовленная сырьевая масса формуется экструдером, затем сушится в камере, после чего обжигается в печи при температуре, как правило, от 850 до 1000°C. Во втором – увлажненную глину-сырец формуют прессом под сильным давлением, а затем, минуя сушильную камеру, отправляют в печь.

К преимуществам метода полусухого прессования можно отнести:

- получение изделий более четкой формы;
- использование малопластичных глины, не требующие добавок;
- сокращение расхода энергетических ресурсов;
- более низкая стоимость продукции.

Цель выполненной работы является оценка возможности использования отходов обогащения железных руд Абаканского месторождения в технологии получения керамического кирпича полусухого формования.

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

- приготовление керамических масс заданного состава;
- изготовление керамических образцов методом полусухого формования;
- исследование свойств полученной керамики.

1 Литературный обзор

1.1 Технология производства керамических изделий

Керамическими изделиями называют искусственного происхождения каменные материалы, сделанные из природных глин с минеральными и органическими добавками посредством формования, сушки и дальнейшего обжига. Изготовление керамических материалов – один с наиболее древнейших и общераспространенных методов, появилось он за несколько тысячелетий до н. э.

Положительными особенностями керамических материалов считаются высочайшая прочность, долговечность, большие теплотехнические особенности, легкость изготовления, а кроме того повсеместное распространение сырья, используемого для их изготовления. К негативным свойствам относят хрупкость, относительно большую объемную массу и неиндустриальность из-за небольших размеров штучных керамических материалов [1].

По назначению керамические материалы и изделия делят на следующие виды:

- стеновые – кирпич обыкновенный, кирпич и камни пустотелые и пористые, крупные блоки и панели из кирпича и камней;
- для перекрытия – пустотелые камни, балки и панели из пустотелых камней;
- для наружной облицовки – кирпич и камни керамические лицевые, ковровая керамика, плитки керамические фасадные;
- для внутренней облицовки и оборудования зданий – плиты и плитки для стен и полов;
- санитарно-технические изделия; кровельные – черепица;
- трубы – дренажные и канализационные[2].

Несмотря на все многообразие керамических изделий, основные этапы их изготовления считаются едиными и состоят из следующих операций:

- приготовление керамических масс;
- формование изделий;
- сушка;
- обжиг.

Приготовление керамических масс

Керамические массы представляют собой смесь исходных сырьевых материалов, приготовленную согласно рецептуре, установленной для каждого типа изделий. Она является основой керамического черепка, который, непосредственно, формует изделие. Для приготовления керамических масс измельченное сырье сначала дозируется по весу, а далее тщательно перемешивается. Методы изготовления масс могут быть разнообразны, в зависимости от типа изготавливаемого изделия и метода его формования. Масса может быть приготовлена в виде пластичного «теста» либо жидкого шликера.

Формование изделий

Керамические изделия формуют различными методами, например, сухого или пластического формования из пластичной массы или методом литья (жидким шликером) в гипсовых формах. Пластичное формование предполагает как ручное изготовление изделий (лепка, вытягивание на гончарном круге и др.), так и механическое (на современных станках). Изделия сложной конфигурации и тонкостенные изготавливают литьем в гипсовые формы.

В производстве строительного кирпича керамическую традиционно массу традиционно готовят пластическим, жестким или полусухим способами.

Пластический способ. Метод пластического формования считается более распространенным методом изготовления керамического кирпича. Для

реализации данного метода подходящим сырьём служит глина, имеющая в своём составе до 30 % песка, который предотвращает значительную усадку кирпича. Уже после добычи глины необходимого состава её увлажняют паром и подвергают кропотливому перемешиванию вплоть до получения однородной пластичной массы без каких-либо «катышков». Затем из данной массы начинается процесс формования кирпича-сырца и с учётом дальнейшей усадки кирпич-сырец имеет больший объём (приблизительно на 10–15 %). Уже после формования кирпич-сырец отправляется на сушку и по достижении влажности 6–8 % изделие возможно обжигать в печи при температуре вплоть до 1000 °С (возможно применение некоторых добавок для ускорения процесса горения) [3,4].

Жесткий способ. Характерной чертой технологической схемы считается сухая переработка глинистого материала и формование изделий согласно пластическому методу. Данный метод рекомендуется при наличии глинистого сырья с карьерной влажностью менее 16–17 %. Этот метод ликвидирует из технологической схемы операции укладки сырца в сушильную вагонетку и перекладку его на печную вагонетку. Отличительной характерной чертой технологической схемы считается увлажнение порошка глинистой массы непосредственно в мешалке пресса, такого рода способ дает возможность формировать изделия при влажности глинистой массы на 3–4 % ниже обычной с давлением в головке пресса приблизительно 10 МПа. Кирпич до сушки следует выдерживать на протяжении 12–48 ч с целью усреднения влажности во всем его объеме [3, 4].

Полусухой способ. Керамические изделия формуют методом полусухого прессования из шихты влажностью 8–12 %, уплотняемой прессованием под существенным давлением (15–40 МПа).

Полусухой метод используется, если глина имеет плотную структуру, слабо увлажняется и обрабатывается, включает множественные посторонние включения, невысокую карьерную влажность. Полусухой метод производства керамических изделий дает возможность до 30 % уменьшить потребление

топлива, применять слабопластичные тощие глины с большим количеством отходов производства. При полусухом прессовании температура обжига кирпича должна быть на 50–100°C больше, нежели при пластическом формовании [3, 4].

Преимуществом традиционного полусухого способа производства является отсутствие перекладки кирпича–сырца с сушильной на печную вагонетку, а также возможность использовать как обычные глинистые породы, в том числе с карбонатными включениями, так и плотные трудноразмокаемые глинистые сланцы, отходы угледобычи и углеобогащения. Технологическое оборудование более простое и потребляет значительно меньше электроэнергии, чем на заводе пластического формования. Одновременно снижаются затраты на строительство завода, так как оборудование для полусухого прессования стоит дешевле, размеры здания значительно меньше, отсутствует отделение для сушки кирпича, которое обычно занимает довольно большую площадь. При новом строительстве завод полусухого формования занимает в 1,5–2 раза меньшую площадь, чем производство кирпича пластического формования и его строительство обходится в 2–2,5 раза дешевле. Себестоимость кирпича, отформованного по полусухой технологии, на 25–30 % ниже себестоимости кирпича пластического формования. Не требуется затрат на энергоносители для сушки и ввода в глину добавок для улучшения сушильных свойств кирпича

К его недостаткам следует отнести невозможность производства эффективных и высокопустотных изделий, запыленность производственных помещений, низкая производительность прессов полусухого прессования.

Сушка

Отформованные изделия обыкновенно имеют влажность 20–28 %. Перед обжигом полуфабрикат необходимо высушить до содержания в нем влаги не более 2–5 %, для того чтобы придать изделию необходимую механическую прочность, а также во избежание деформации и растрескивания при обжиге.

Обжиг

Наиболее важный процесс термической обработки керамических изделий – спекание, при котором под воздействием температуры частицы твердого материала соединяются в единое целое; при этом исходная пористость системы, как правило, уменьшается. Причиной возникновения этого процесса является стремление системы уменьшить поверхность за счет снижения большой начальной поверхностной энергии. Для многокомпонентного материала, в частности для глин, спекание происходит в присутствии жидкой фазы.

При спекании в присутствии жидкой фазы побуждающим фактором является поверхностное натяжение расплава, который обволакивает («смачивает») твердые частицы.

Процесс спекания имеет два этапа. Первый этап заканчивается после превращения первоначально сообщающихся пор агломерата в замкнутые поры, на втором этапе эти поры уменьшаются.

Такие материалы при температуре до 250 °С теряют связанную капиллярными силами воду. Часть физически связанной воды остается в нагреваемой массе при температуре выше 100 °С. Это обусловлено так называемой капиллярной конденсацией, т. е. явлением, когда давление над поверхностью воды в капиллярах материала значительно выше, чем барометрическое давление. При температурах 100–300 °С удаляются углеводороды, которые присутствуют во многих материалах. При температуре выше 300 °С начинает с умеренной скоростью происходить окисление присутствующих твердых органических материалов или их пиролиз. При температурах 450–850 °С выделяется химически связанная вода из основных глинистых материалов – каолина, иллита, монтмориллонита, достигая максимальной скорости в интервале температур 550–590 °С с образованием дегидратированных структур глинистых минералов при отчетливом увеличении их пористости. Пористость, которая появляется в этой фазе и может быть определена аналитически, называется первичной пористостью.

В интервале температур 450–650 °С в присутствии кислорода атмосферы печи выгорают остатки органических материалов. Начиная с температуры 850 °С, структура, состоящая из дегидратированных минералов глины, начинает с участием свободных оксидов переформировываться в структуру муллита, т. е. в главную кристаллическую фазу керамических материалов системы $\text{SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3$. Одновременно с образованием муллита начинается разложение сульфидов, карбонатов и сульфатов. При температуре около 1050 °С из присутствующего полевого шпата появляется первый расплав. С повышением температуры доля расплава в системе увеличивается. Этот расплав начинает заполнять первичные поры, нарушая их непрерывность, и, таким образом, возникает закрытая пористость. При увеличении доли расплава материал из хрупкого состояния переходит в пиропластичное, при этом первичные поры неправильной формы превращаются в поры шарообразной формы. При температуре свыше 1000 °С начинается значительное разложение оксидов железа с выделением элементарного кислорода. С повышением температуры давление газов внутри материала возрастает. Если непрерывность пор уже устранена и выделяемый кислород не удаляется из материала или не соединяется с ним, то пористость материала в этом случае повышается за счет возникновения новых, имеющих почти шарообразную форму пор, заполненных кислородом. Эта новая возникшая фаза называется вторичной пористостью.

При температурах пиропластичного состояния в массах, содержащих значительное количество расплава, кристаллические фазы разрушаются этим расплавом и из него кристаллизуются новые фазы. Наиболее важным является разрушение в расплаве так называемого первичного муллита (муллита, возникшего из глинистых минералов, у которого пока не прошла рекристаллизация) и кристаллизация из расплава вторичного игольчатого муллита. При длительном воздействии постоянной температуры из стекловидной фазы может образоваться кристаллическая. В присутствии в атмосфере печи восстановителей, в частности углерода, может происходить восстановление некоторых оксидов и их улетучивание из материала. Вещества

системы $\text{SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3$, при температуре выше 1150 °С переходят в муллит и оксид кремния или в муллит и корунд; в зависимости от температуры кремний подвергается модификационным изменениям.

Последующее снижение температуры ведет к снижению растворения кристаллических веществ в расплаве. В этом случае происходит их кристаллизация, при этом размер кристаллов уменьшается с увеличением скорости охлаждения. Вязкость расплава растет, материал переходит в твердое состояние. При дальнейшем охлаждении появляются напряжения, монолитность может быть нарушена модификационными изменениями некоторых составляющих, например кварца при температуре ниже 573 °С.

В производстве художественных керамических изделий используют двукратный и однократный обжиг. При однократном обжиге изделие после сушки сразу глазуруют и затем обжигают. Такой способ обработки можно применить для толстостенных изделий. При двукратном обжиге полуфабрикат после сушки подвергают вначале первому (утильному) обжигу, при котором изделие приобретает механическую прочность, затем его глазуруют и обжигают второй раз (политой обжиг). При некоторых способах декорирования керамики для закрепления красок и позолоты изделия подвергают третьему обжигу (муфельному) при температуре 600–800 °С [5,6].

1.2 Сырьевые материалы, используемые для производства керамических изделий

Для производства строительной керамики используются следующие природные материалы.

Песок кварцевый. Кварц – минерал, единственный наиболее известный в земной коре, рассеян в виде примеси, входит в состав разных горных пород вместе с иными минералами; формирует и самостоятельные толщи. Чистый кварц представляет собой диоксид кремния либо кремнезем SiO_2 , обладает высокой огнеупорностью (температура плавления больше 1700 °С). Зерна

кварца имеют округлую либо угловатую форму. Диоксид кремния при конкретных температурах меняет структуру, переходит с одной модификации в иную. Переход сопровождается изменением физических свойств: плотности и коэффициента термического расширения.

Кварц находится в глинах в связанном и свободном состояниях. Связанный кремнезем входит в состав глинообразующих минералов, в свободном – представлен примесями кварцевого песка. Единое содержание кремнезема в глинах – 50–65 %, в запесоченных доходит 80–85 % [7].

Тальк. Наряду с глинами и кремнеземом одной из основных разновидностей керамического сырья считаются силикаты магния. Для плиточного производства существенный интерес представляет стеатит ($3\text{MgO} \times 4\text{SiO}_2 \times \text{H}_2\text{O}$).

При нагревании талька образуется кристобалит, который имеет невысокую плотность, препятствует усадке материала при обжиге либо в значительной степени компенсирует усадочные явления глинистых компонентов плиточных масс. Цвет чистого талька белый, светло-серый. При температуре приблизительно 900 °С тальк дегидратирует, при 1530 °С плавится [3, 8].

Полевой шпат. Полевые шпаты представляют собой плавни, которые обширно используются в изготовлении изделий тонкой керамики. Различают следующие разновидности полевых шпатов:

- калиевый полевой шпат (ортоклаз) $\text{K}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 6\text{SiO}_2$;
- натриевый полевой шпат (альбит) $\text{Na}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 6\text{SiO}_2$;
- плагиоклазы;
- пегматиты [3, 8].

Глины. Основным сырьем для изготовления всех керамических изделий являются глины.

Советский ученый проф. П.А. Земятченский, работы которого сыграли важную роль в изучении глин, как исходного продукта для получения

керамических изделий, дал следующее определение глины: «Глиной называются землистые минеральные массы, или землистые обломочные горные породы, способные с водой образовывать пластичное тесто, по высыхании сохраняющее приданную ему форму, а после обжига получающее твердость камня» [9].

Глины образовались в результате выветривания изверженных полевошпатных горных пород. Процесс выветривания горной породы состоит из механического разрушения и химического разложения.

Наиболее чистые глины, состоящие в основном из каолинита, называют каолинами. Обычные глины отличаются от каолинов химическим и минералогическим составом, так как помимо каолинита они включают кварц, слюду, полевые шпаты, кальцит, магнезит и др.

По способу образования глины делят на остаточные и перенесенные.

По отношению к высоким температурам различают глины огнеупорные, тугоплавкие и легкоплавкие.

Огнеупорные глины имеют высокую огнеупорность – не ниже 1580 °С. Это чистые каолиновые глины, содержащие мало механических примесей, в той или иной степени понижающих огнестойкость. Они имеют большую дисперсность и очень высокую пластичность. Глины, имеющие после обжига белый цвет, называются фарфоровыми, их используют для изготовления фарфя и фарфора.

Тугоплавкие глины обладают огнестойкостью от 1350 до 1580 °С. Они содержат незначительное число примесей кварца, полевого шпата, слюды, карбонатов кальция и магния; используют их в большей степени с целью изготовления облицовочного кирпича, плиток для полов, канализационных труб и т. д.

Легкоплавкие глины имеют огнеупорность ниже 1350 °С. Данные глины наиболее разнообразны по составу: они имеют примеси песка, известняка, оксидов железа, слюды, органических веществ и т. д. Их применяют для производства кирпича, блоков, черепицы и аналогичных изделий.

Гранулометрический (зерновой) состав представляет собой количественное соотношение частиц разного размера, фракций. От гранулометрического состава, в большой степени, зависит пластичность глин. Более значимыми для керамического производства являются тонкие глинистые фракции с зернами размером менее 5 мкм. В глине также содержатся пылевидные фракции (с зернами размером от 5 до 50 мкм) и песчаные (от 50 мкм до 3 мм). В зависимости от количества содержащейся в глине тонкой глинистой фракции глины делятся на три группы, как представлено в таблице 1.1 [3, 10].

Таблица 1.1 – Классификация глин по содержанию тонкодисперсных фракций

Группы глинистого сырья	Содержание частиц разного размера, %	
	больше 10 мкм	больше 1 мкм
высокодисперсные	более 85	более 60
дисперсные	от 40 до 85	от 20 до 60
грубодисперсные	менее 40	менее 20

В глине присутствуют помимо прочего посторонние примеси – включения различных кварцевых, железистых, карбонатных, гипсовых и органических зерен. В зависимости от количества включений таких зерен глинистое сырье разделяют на три группы: с низким содержанием включений (не более 1 %), со средним (от 1 до 5 %) и с высоким (более 5 %).

По размеру включений отличают следующие разновидности глин: с мелкими включениями (менее 2 мм), со средними (от 2 до 5 мм) и с крупными (более 5 мм).

Химический состав глин. Глины состоят из разнообразных оксидов, свободной и химически связанной воды и органических примесей. К оксидам, входящим в состав глин, относят: глинозем (Al_2O_3), кремнезем (SiO_2), оксид железа (Fe_2O_3), оксид кальция (CaO), оксид натрия (Na_2O), оксид магния (MgO) и оксид калия (K_2O). Глинозем проявляет максимальное воздействие на свойства керамических изделий и считается важной составляющей глины. Чем больше содержание глинозема, тем больше пластичность и огнестойкость

глины. Кремнезем считается основным (по количеству) оксидом, образующим глины – его количество достигает 60–78 %.

Помимо оксидов железа в состав глин входят оксид железа (FeO), пирит (FeS_2) и прочие модификации железа. От количества железа и его модификации зависят цвет керамических изделий и температура спекания черепка, а также его плотность.

Содержание оксида кальция (в виде карбонатов и сульфатов кальция) в некоторых глинах достигает 25 %. Данные соединения кальция уменьшают период спекания глин, что усложняет процесс обжига керамических изделий. Подобное воздействие на обжиг изделий проявляет и оксид магния, находящийся в глинах в виде карбоната (MgCO_3) и доломита ($\text{MgCO}_3 \times \text{CaCO}_3$). В небольших количествах в глинах встречается в виде примесей сернистый ангидрид (SO_3). Если он находится в соединениях с магнием либо натрием, то он способен понижать прочность изделий. Полезными примесями можно считать оксиды калия (K_2O) и натрия (Na_2O), которые являются плавнями, понижающими температуру обжига изделий и придающими им значительную прочность. Оксиды разных металлов, к примеру, марганца, титана и др., находятся в весьма небольших количествах и не достаточно влияют на свойства глин.

В целом на свойства глин влияет не только количественное содержание тех или иных оксидов, но и их соотношение. Наличие примесей значительно влияет на свойства глин. Так, при повышенном содержании свободного кремнезема, несвязанного с Al_2O_3 , снижается связующая способность глин, увеличивается ячеистость обожженных изделий и понижается их прочность. При содержании в глинах SiO_2 более 80–85 % и Al_2O_3 менее 6–8 % получить из них керамические материалы невозможно. Углекислый кальций (CaCO_3) снижает огнестойкость, сокращает интервал спекания и повышает ячеистость и усадку при обжиге, снижает прочность и морозоустойчивость изделий.

Вода содержится в глинах как в свободном виде, так и химически связанном, т. е. входит в состав глинообразующих минералов. Присутствие в

глине тех или иных минералов предоставляет возможность рассуждать о количестве химически связанной воды и, таким образом, об отношении к сушке и обжигу. От содержания органических веществ зависят потери при обжиге и, таким образом, усадка изделий. Помимо этого, высокое содержание органики уменьшает огнеупорность глин. Органические элементы, как правило, находятся в глинах в количестве с 1 до 10 %. При обжиге полуфабриката они сгорают, повышая ячеистость изделий. При прокаливании глины до 1000 °С и выше за счет улетучивания влажности, выгорания органических примесей и разложения углекислых и сернокислых соединений снижается масса глины, что в пересчете на проценты составляет потери при прокаливании.

Пользуясь сведениями о химическом составе глин, возможно выбрать нужное сырье для производства того или иного типа керамических изделий.

Химические соединения, схожие по своему строению, составу и свойствам, образуют минералы. Глины состоят из ключевых глинообразующих минералов и минералов-примесей.

Глинообразующие минералы в основном представляют собой водные силикаты глинозема, содержащие оксиды кремнезема и железа, а кроме того сульфаты, карбонаты и растворимые в воде соли разных металлов, характеризующиеся размерами частиц менее 5 мкм.

Для огнеупорных глин характерно наличие в их составе одного минерала. Подобные глины именуются мономинеральными. В случае если в состав глин входит ряд минералов (подобное строение имеют легкоплавкие глины), их называют полиминеральными.

Глины, образованные каолинитом, обладают следующими отличительными характерными чертами. Они недостаточно набухают в воде и практически никак не реагируют на кислоту. В случае если в глине содержится только лишь каолинит, глины называют каолином.

Глины, сложенные монтмориллонитом, значительно набухают в воде и очень пластичны. Если в глинах находятся только монтмориллонитовые

минералы, то глины называют бентонитом. Глины, сложенные гидрослюдами, имеют незначительную пластичность.

Из минералов-примесей наиболее часто в глинах попадает кварц, известняк и доломит.

Известняк и доломит, считаются вредными примесями, если они содержатся в глинах в виде больших зерен. Их наличие приводит к возникновению трещин после обжига изделий, а в некоторых случаях абсолютному их разрушению. Если частицы данных минералов тонкодисперсные и одинаково распределены по объему в этом случае их содержание даже до 25 % никак не стимулируют трещин, но сокращают пластичность и огнеупорность глин [8, 11].

1.3 Добавки, используемые при производстве керамического кирпича

Для улучшения природных свойств глинистого сырья – уменьшения общей усадки, чувствительности к сушке и обжигу, улучшения формовочных свойств, широко применяют добавки.

Добавки, используемые при производстве кирпича, по назначению можно разделить на: отошающие, выгорающие и специальные.

Высокопластичные глины, требующие для затворения значительного количества воды (до 28 %) и, следовательно, дающие значительную линейную усадку при сушке и обжиге (до 15 %), необходимо корректировать введением отошающих добавок, т. е. непластичных материалов. При этом существенно уменьшается количество воды, с целью затворения глиняного теста, что уменьшает объем усадки (до 2–6 %).

В качестве отошающих добавок чаще всего используют вещества неорганического происхождения – отходы железных руд, кварцевый песок, шамот, шлак, древесные опилки, угольную пыль. Данные добавки не только сокращают усадку изделий, но и делают лучше формовочные свойства массы, упрощают технологический процесс производства. В ряде случаев они

улучшают физические свойства изделий, к примеру, термоустойчивость и теплопроводимость [12].

Для получения изделий с меньшим объемным весом и увеличенной пористостью применяют органические выгорающие добавки. Наиболее часто используются древесные опилки, угольный порошок, торфяная пыль и др. Применяют также вещества, выделяющие при высокой температуре обжига углекислоту, что ведет к образованию пор, к ним относятся мел, доломит и глинистый мергель (в молотом виде). Все эти добавки обладают также и свойствами отошающих добавок.

С целью придания керамическим изделиям особых свойств могут использоваться специальные добавки. К примеру, при изготовлении кислотоупорных изделий и облицовочных плиток к глинам добавляют песчаные смеси, затворенные жидким стеклом или щелочами. При необходимости понижения температуры обжига некоторых изделий в глину вводятся флюсы (плавни) – измельченный полевой шпат, руды, содержащие железо, песчаник и др. В качестве добавок, увеличивающих пластичность формовочной массы, применяют в небольших дозах (0,1–0,3 %) поверхностно-активные вещества, например, сульфитно-спиртовую барду; для повышения качества кирпича – пирофосфаты и полифосфаты натрия.

В ряде случаев для снижения температуры обжига и получения более прочных изделий в состав массы вводят плавни и минерализаторы.

Более точный вещественный состав во многом зависит от группы, к которой относится керамическое изделие и требований, которым она должна соответствовать.

В последнее время в технологии производства строительной керамики используют промышленные отходы.

Авторы патента [13] предлагают при производстве керамических изделий использовать отходы обогащения железистых кварцитов или слюды-мусковита в количестве 69,85–79,32 масс. %, нефелиновый концентрат или отходы обогащения апатитнефелиновых руд – 7,26–10,83 масс. %, стеклобой – 8,36–

22,38 масс. %, сульфитно-спиртовая барда 0,5–5,0 масс. %. Использование керамической массы позволяет получить стеновые кирпичные изделия, характеризующиеся пористостью 40,7–44,2% и теплопроводностью 0,29–0,32 Вт/(м·К), прочность при изгибе составляет 4,5–8,3 МПа, прочность при сжатии 31–46 МПа, водопоглощение составляет 20,3–21,6%.

В работе [14] керамическая масса для изготовления кирпича масс. %: состоит из глины 76–79, угля 1,0–1,5, измельченного брака кирпича после сушки 0,5–0,9 и остальное измельченные отходы стекловолокна. Изделия, изготовленные из этой керамической массы, имеют очень высокую прочность на сжатие и изгиб.

В настоящей работе предлагается использовать отходы магнитной сепарации железосодержащих руд. При добыче и переработке полезных ископаемых образуются большие объемы отходов их обогащения, складирование которых требует значительных площадей, что приводит к изменению рельефа, нарушению инженерно-геологических, гидрогеологических и эколого-геологических условий района размещения хранилища отходов. Основным направлением утилизации хвостов обогащения является использование их в качестве вторичного сырья для производства строительных материалов. Отходы магнитной сепарации вводятся, как отошающая добавка в керамический кирпич. Эта добавка улучшает формовочные свойства массы, сокращает усадку изделий, улучшает физические свойства изделий, такие как термоустойчивость и теплопроводимость. Выбран полусухой способ прессования.

2 Методическая часть

2.1 Подготовка сырьевых материалов и керамических масс

Для грубого измельчения материалов использовали щековую дробилку марки ЩД–6. Первичное измельчение осуществляли при зазоре между щеками 4–6 мм, далее измельчение проводили с зазором щек 2 мм. Для получения мелких фракций отхода магнитной сепарации железосодержащих руд использовали кольцевую мельницу ROCKLABS. Рассев на фракции осуществляли с помощью вибросит ВПТ 220 (Вибропривод).

2.2 РФА, РСА

Рентгенофазовый анализ исходных веществ проводили на дифрактометре XRD–6000 фирмы Shimadzu. Дифрактограммы снимали в интервале углов 2θ от 10° до 70° , с выдержкой на каждой точке в течение 2 с. Данные с дифрактометра поступали в компьютер, где проводился их набор и обработка. Точность измерения углов составляла $\pm 0,02^\circ$. Обработку дифрактограмм проводили с использованием информационно-поисковой системы рентгенофазовой идентификации материалов (ИПС ФИ) [15].

В основе спектроскопии рентгеновского излучения лежит идея, общая для всех видов спектроскопии. Излучение, содержащее частицы различных энергий, или предварительно монохроматизированное, с известной энергией частиц, взаимодействует с исследуемым образцом. В зависимости от механизма взаимодействия, регистрируются частицы либо того же сорта, либо другие частицы, появившиеся в результате взаимодействия. По энергетическому составу регистрируемых частиц делаются выводы о физических свойствах образца.

Для рентгеноспектрального анализа порошков использовали

последовательный волнодисперсионный рентгенофлуоресцентный спектрометр Lab Center XRF-1800 Shimadzu (Japan).

Прибор XRF-1800 состоит из блока генератора рентгеновского излучения, блока спектрометра, контроллера прибора и рабочей станции XRF.

Рентгеновское излучение трубки, напряжение на которую подается от высоковольтного источника питания, попадает на исследуемый образец и возбуждает в нем флуоресцентное излучение. Излучения образца попадает на кристалл-анализатор, где разлагается в спектр по длинам волн в соответствии с уравнением Вульфа-Брегга. Кристалл-анализатор закреплен на одном плече гониометрического устройства, предназначенного для изменения угла θ . Фотоны рентгеновского излучения улавливаются детектором, установленном на втором плече гониометра, передвигающимся со скоростью 2θ . Детектор преобразует кванты излучения в электрические импульсы, которые затем усиливаются и суммируются с помощью контроллера и передаются на компьютер.

2.3 Методики определения физических характеристик

Определение плотности

Плотность керамических образцов определяли по уравнению 2.1 [16]. Расчет кажущейся плотности осуществляли по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (2.1)$$

где m – масса образцов, г;

V – объем образцов, см³.

Определение водопоглощения

Определение водопоглощения керамических образцов осуществляли, согласно ГОСТ7025-91[17].

Образцы помещали в емкость на металлическую сетку так, чтобы они не соприкасались друг с другом. Затем наливали воду, таким образом, чтобы ее уровень был не менее чем на 50мм выше поверхности экспериментальных образцов. Воду доводили до кипения и выдерживали образцы в кипящей воде в течение 2 ч. Образцы вместе с водой охлаждали в течение 4ч. После насыщения образцов водой их извлекали, протирали влажной мягкой тканью или губкой для удаления с поверхности капель влаги и взвешивали с помощью весов ОНАУС. Результаты взвешивания округляют до 0,1 г.

Водопоглощение рассчитывали по формуле:

$$B = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100 \% \quad (2.2)$$

где m_1 – масса образца, насыщенного водой, г;

m – масса высушенного образца, г.

Определение пористости

Открытую пористость (%) керамических образцов находили через водопоглощение и объемную массу по формуле:

$$P_{от} = B \cdot \rho, \quad (2.3)$$

где ρ – плотность, г/см³;

B – водопоглощение, %.

Определение линейной и объемной усадки

Во время сушки и обжига свежеприготовленное глиняное тесто изменяет свой объем вследствие физических и физико-химических процессов, их сопровождающих. Это изменение размеров называется усадкой.

Усадку можно выражать как в долях изменения объема образца, так и в долях изменения его линейных размеров. В первом случае изменение называют объемной усадкой, а во втором – линейной усадкой.

Для определения усадочных свойств, изготавливали образцы в форме таблеток с геометрическими размерами: диаметром 30 мм, высотой варьировались 6 – 6,5 мм.

В технологии керамики и огнеупоров принято определение линейной усадки. Тот и другой виды усадки подразделяются следующим образом:

- воздушная усадка – изменение объемных размеров свежесформованного образца, происходящее при сушке и выражающееся в процентах от начальной длины свежесформованного образца;

- огневая усадка – изменение объемных размеров воздушно-сухого образца в процессе обжига в процентах от длины высушенного образца;

- общая или полная усадка – объемное изменение размеров образца, происходящее в результате сушки и обжига, выраженное в процентах от длины свежесформованного образца.

Усадку определяли по значению диаметра свежесформованного образца, после его сушки и обжига.

Измерение проводили с точностью до 0,1 мм. Расчет усадки осуществляли по следующим формулам:

$$Y_{\text{лин}} = \frac{D_0 - D_1}{D_0} \cdot 100 \% , \quad (2.3)$$

$$Y_{\text{об}} = \frac{V_0 - V_1}{V_0} \cdot 100 \% . \quad (2.4)$$

где D_0 – диаметр свежесформованного образца;

D_I – диаметр сухого образца;

V_0 – объем свежесформованного образца;

V_I – объем обожженного образца.

2.4 Подготовка образцов к исследованию микроструктуры

Для исследование микроструктуры поверхность экспериментальных образцов подвергали шлифованию механическим способом. Сначала производили шлифование, а затем полирование поверхности. Образцы обрабатывали шлифовальными шкурками различных номеров с постепенным уменьшением крупности частиц абразива. При шлифовании вручную шлифовальную шкурку помещали на стекло для создания ровной и твердой прокладки и образец перемещают по этой шкурке. Шлифование проводили только в одном направлении; при переходе на шкурку другого номера обработку производили в направлении, перпендикулярном к рискам, оставшимся после шлифования на предыдущей шкурке, пока эти риски не будут уничтожены, то есть шлиф нужно поворачивать на 90° . В процессе шлифования образец охлаждали водой. После шлифования образец тщательно промывали водой и просушивали фильтрованной бумагой. Для удаления мелких рисков образец по завершению шлифования полировали на специальном полированном станке, диск которого обтянут материалом (фетр, бархат, тонкое сукно). Материал периодически поливали водой с абразивным веществом (окись алюминия, железа, хрома и т.п.). Полирование проводили с использованием паст.

3 Экспериментальная часть

3.1 Подготовка и исследование свойств сырьевых материалов

Исследование проводили с применением глины Мироновского месторождения. Глинистая порода содержит минералы в виде монтмориллонита, гидрослюда и коалинита. Помимо глинистых минералов, присутствуют включения кварца, полевого шпата, карбонатных и ожелезненных пород, угля.

Химический состав глинистого сырья представленный в таблице 3.1, и его характеристики, приведенные в таблице 3.2 позволяют классифицировать глину как малопластичную и легкоплавкую[18], о чем свидетельствует содержание оксида алюминия и число пластичности.

Таблица 3.1 – Химический состав глинистого сырья

Материал	Содержание, масс. %										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	п.п.п
Глина Мироновского месторождения	64,71	14,03	0,77	5,14	1,59	3,41	1,9	0,39	1,45	2,19	5,42

Таблица 3.2 – Характеристики глинистого сырья

Наименование показателей качества	Средняя величина показателя
Средняя плотность, т/м ³	1,77
Число пластичности	12,0
Огнеупорность, °С	до 1350

Таким образом, данный вид сырья позволяет получать керамические изделия полусухим способом формования.

Преимущество такого способа производства является возможность сокращения количества производимых технологических операций, в частности, времени и затрат связанных, с процессом сушки, а также объемов использования природного сырья за счет его замены отходами магнитной

сепарации, что в свою очередь позволяет использовать как обычные глинистые породы, в том числе с карбонатными включениями, так и плотные трудноразмокаемые – глинистые сланцы, отходы угледобычи и углеобогащения.

Гранулометрический состав оказывает значительное влияние на процесс прессования, а также на основные физико-механические характеристики готовой продукции. Для производства керамических изделий полусухим способом формования г пресс-порошок.

Получение пресс-порошка осуществляли с использованием стержневых смесителей конструкции ВНИИСтром.

Стержневой смеситель представляет собой барабан, внутри которого находятся металлические стержни. Барабан через редуктор приводится во вращение со скоростью 12–25 об/мин от электродвигателя. С одного конца в барабан через загрузочную воронку подается измельчаемый материал, а с другого конца через периферийные окна барабана и разгрузочную воронку измельченный и гомогенизированный как по влажности, так и по физико-техническим характеристикам материал выгружается на транспортер.

Обработка смесей в стержневых смесителях позволяет усреднить сырьевые смеси по химическому и гранулометрическому составам, а также выровнять их формовочную влажность и позволяет получить пресс-порошок заданного гранулометрического состава.

Гранулометрический состав пресс-порошка, полученного на ООО «Шарыповский кирпичный завод» представлен в таблице 3.3

На рисунках 3.1 и 3.2 приведены внешний вид и распределение частиц по размерам соответственно.

Таблица 3.3 – Гранулометрический состав пресс-порошка, мм

Материал	Содержание фракций, %					
	+ 2,5	- 2,5 + 1	- 1 + 0,5	- 0,5 + 0,4	- 0,4 + 0,2	- 0,2
Пресс-порошок	14,4	36,5	21,6	5,8	12,2	9,2



Рисунок 3.1 – Внешний вид пресс - порошка

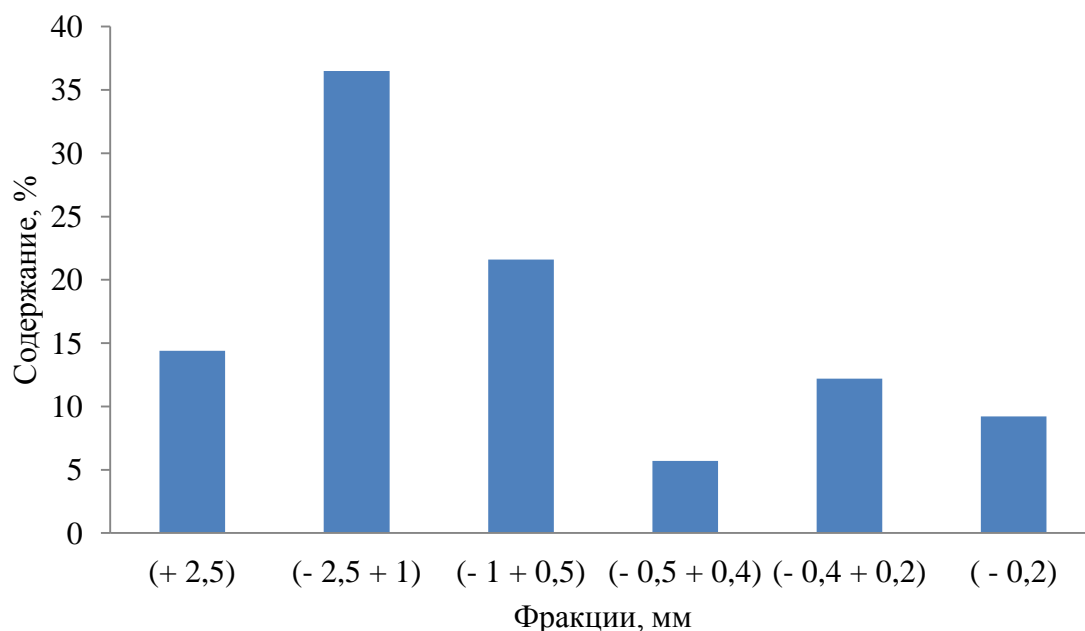


Рисунок 3.2 – Распределение частиц пресс - порошка

С целью замены качественного глинистого сырья, а так же улучшение физико-механических характеристик керамических изделий, в качестве объекта исследования выбраны отходы сухой магнитной сепарации железных руд Абаканского месторождения.

Химический состав промышленных отходов представлен в таблице 3.4. Минералогический состав отходов представлен магнетитовыми, гематито-

магнетитовыми, хлорито-магнетитовыми, кварц-карбонатамагнетитовыми ассоциациями.

Таблица 3.4 – Химический состав отходов магнитной сепарации

Материал	Содержание, масс. %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	SO ₃	MnO	P ₂ O ₅
«Хвосты» обогащения железных руд Абаканского месторождения	44,00	13,02	3,28	5,81	9,70	7,09	6,14	1,28	0,16	2,19

Анализ химического состава отходов свидетельствует о значительном содержании в них оксидов железа, что и определяет целесообразность их использования при получении керамических стеновых материалов. Как следует из таблицы 3.4, соединения железа в «хвостах» обогащения железных руд находятся в двух оксидных формах в виде FeO и Fe₂O₃. Оксидные соединения железа Fe₂O₃ не оказывают заметного влияния на качество обожженных изделий, обуславливая лишь их окраску до красных и темно-красных тонов. Соединения железа FeO обладают большой реакционной способностью, в связи с образованием легкоплавких железистых стекол (эвтектоидных расплавов), способствуя созданию плотных и прочных структур керамических изделий [19–21].

Для получения экспериментальных образцов отходы железных руд подвергали измельчению до размера частиц менее 100 мкм.

Для создания восстановительной среды обжига и активации оксидной формы железа Fe₂O₃ использовали отходы алюминиевого производства, которые являются шламами газоочистки. Они представлены тонкодисперсным материалом черного цвета с размером частиц от 0,071 до 1,0 мм. Микроскопическое исследование шлама показало, что материал состоит из метаморфизованных угольных частиц графита, криолита, хиолита, корунда, флюорита, нефелина, диаспора и др [22].

Согласно данным [22] при нагреве шламов наблюдается эндотермический эффект при температуре 50-100 °С, связанный с адсорбцией угольной массы кислорода из атмосферы. Слабый эффект в интервале температур 180-300 °С относится к процессу дегидратации гидрооксида алюминия, эндотермический эффект при 350-600 °С относится к процессу выгорания углеродистой массы, экзотермический эффект с максимумом при 975 °С – к кристаллизации стеклофазы.

3.2 Исследование влияния концентрации вводимой добавки на водопоглощение и пористость керамических образцов

Для исследования свойств готовили керамические массы заданных составов, согласно таблицы 3.5. Для реализации полусухого способа прессования на фиксированном уровне поддерживали относительную влажность прессования, равную 10 %. Содержание отходов обогащения железных руд варьировали от 0 до 50 масс. %. Формование образцов проводили на лабораторном механическом прессе при давлении 35 МПа; внутренний диаметр пресс-формы – 30 мм.

Таблица 3.5 – Состав керамических масс, масс. %

Номер состава	Содержание глины Мироновского месторождения	Содержание отходов обогащения железных руд	Относительная влажность прессования
1	100	0	10
2	95	5	10
3	90	10	10
4	80	20	10
5	70	30	10
6	60	40	10
7	50	50	10

Внешний вид отформованных образцов в виде таблеток представлен на рисунке 3.3 .



Рисунок 3.3 – Внешний вид образцов отформованных при давлении 35 МПа

Отформованные образцы подвергали обжигу при температуре 950 °С. Обжиг проводили в среде воздуха в высокотемпературной муфельной печи со скоростью нагрева 5°С/мин с изотермической выдержкой при максимальной температуре 950°С в течение двух часов. Охлаждали образцы с печью.

Результаты исследования влияния концентрации отходов обогащения железных руд на водопоглощение и пористость экспериментальных образцов представлены на рисунках 3.4 и 3.5 соответственно.

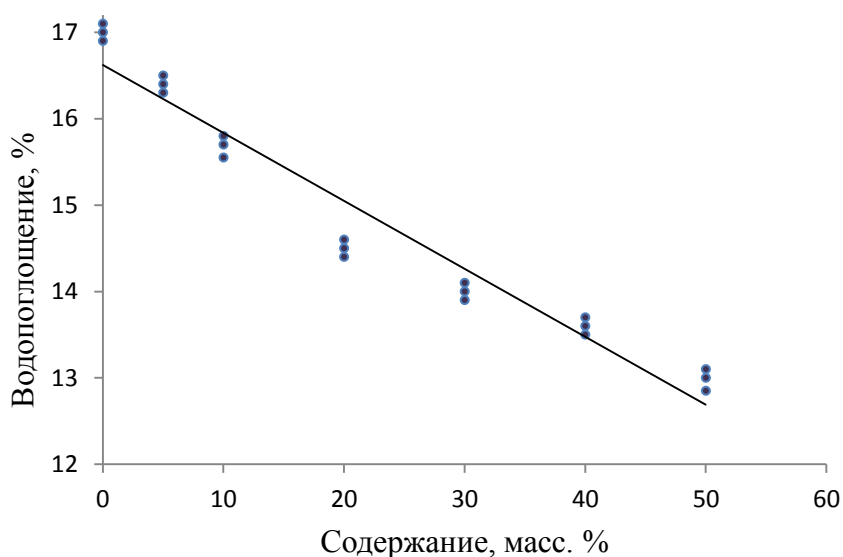


Рисунок 3.4 – Изменение водопоглощения керамических образцов с ростом концентрации вводимой добавки

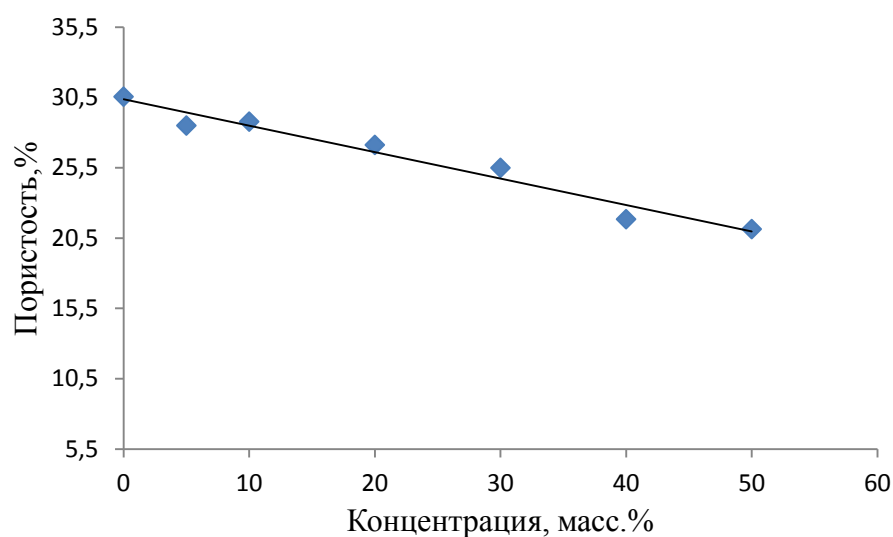


Рисунок 3.5 – Зависимость пористости от концентрации отходов магнитной сепарации

Согласно полученным данным, при изменении концентрации вводимой от 0 до 50 %, водопоглощение снижается с 17,0 до 13,0%, при этом открытая пористость понижается от 30,5 до 20,5 %.

На рисунках 3.6 и 3.7 представлены микроструктуры исследуемых образцов, которые свидетельствуют о снижении количества кварца в структуре керамики, что объясняется его растворением в жидкой фазе, количество которой увеличивается с увеличением концентрации вводимой добавки, что и определяет снижение пористости и водопоглощения спеченных материалов.

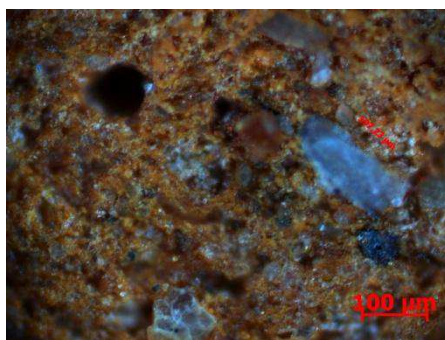


Рисунок 3.6 – Микроструктура керамических образцов, без добавки

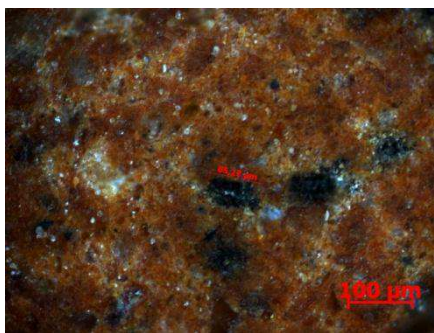


Рисунок 3.7 – Микроструктура керамического образца содержанием отходов магнитной сепарации в количестве 50 масс.%

3.3 Исследование влияния температуры обжига на свойства керамических образцов

С целью улучшения физико-механических характеристик получаемых керамических образцов исследовали влияние температуры обжига на ее свойства. Обжиг керамических образцов осуществляли при температурах 1050 и 1100 °С.

Результаты исследования свойств представлены в таблице 3.7 и на рисунках 3.6 и 3.7.

С увеличением температуры обжига от 950 до 1100 °С существенно повышается огневая объемная усадка во всём диапазоне концентрации отходов обогащения. Повышение огневой усадки связываем с образованием значительного количества жидкой фазы.

В диапазоне температур 1050-1100 °С подтверждены установленные ранее закономерности снижения водопоглощения с увеличением концентрации отходов обогащения железных руд, как показано на рисунке 3.4.

Таблица 3.7 – Огневая усадка керамических образцов при различных температурах обжига

950 °С	
Концентрация отходов магнитной сепарации, масс. %	Огневая объемная усадка, %
0%	0,1
5%	0,99
10%	1,1
20%	1,32
30%	1,71
40%	2,01
50%	2,18
1050 °С	
Концентрация отходов магнитной сепарации, масс. %	Огневая объемная усадка, %
0%	4,71
5%	4,95
10%	5,13
20%	5,4
30%	5,9
40%	6,24
50%	6,54
1100 °С	
Концентрация отходов магнитной сепарации, масс. %	Огневая объемная усадка, %
0%	7,01
5%	7,38
10%	8,74
20%	9,01
30%	9,57
40%	10,82
50%	11,48

Согласно рисунку 3.7 снижению водопоглощения соответствует снижение пористости.

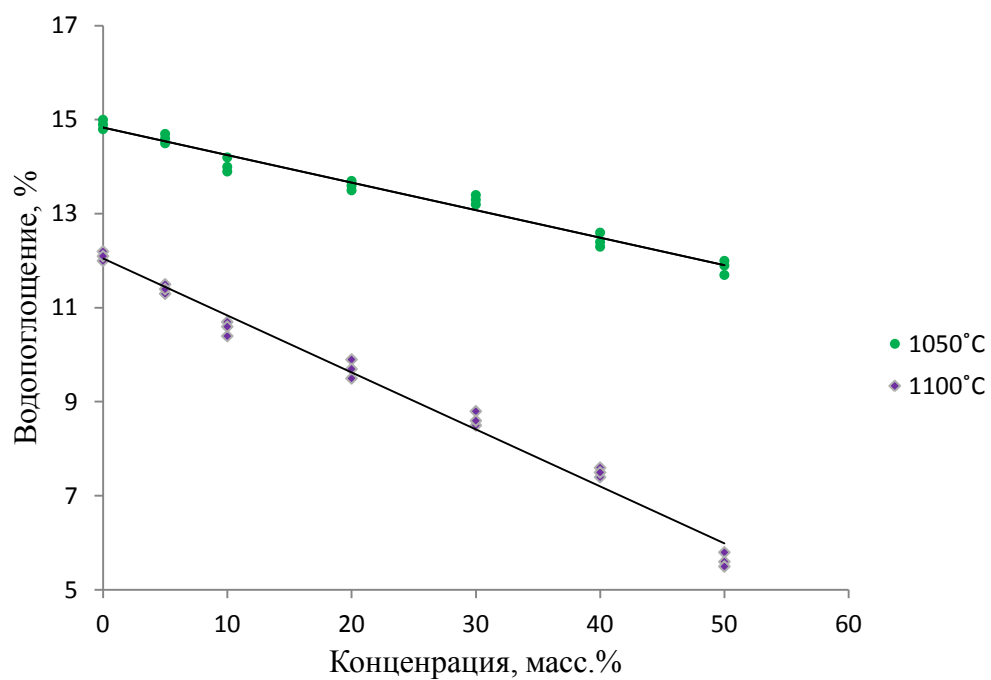


Рисунок 3.6 – Зависимость водопоглощения керамических образцов, полученных при различных температурах обжига, от концентрации добавки

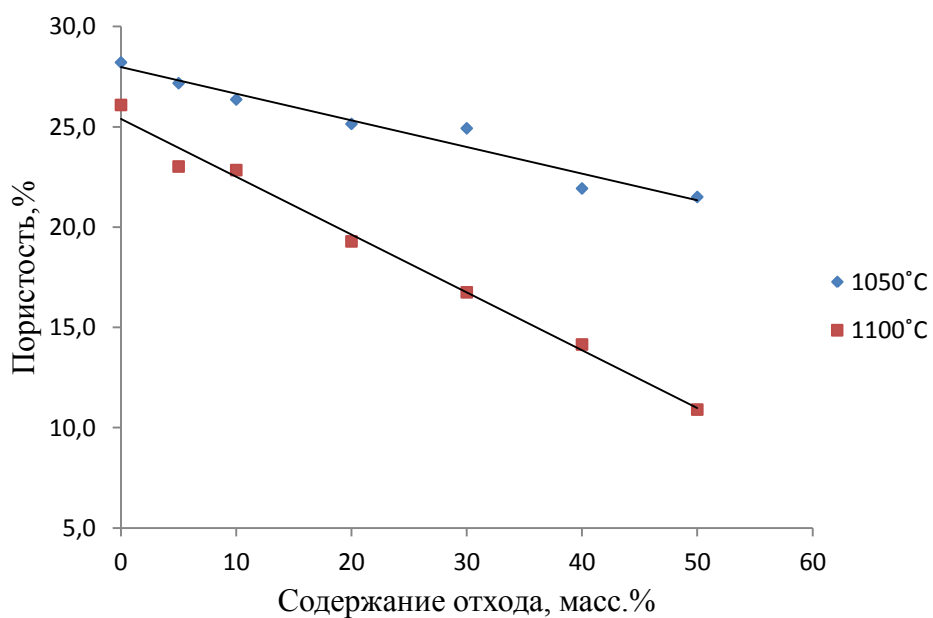


Рисунок 3.7 – Зависимость пористости керамики от концентрации отходов при разных температурах изотермической выдержки

Таким образом, на основе полученных данных, установлено, что при производстве керамики методом полусухого прессования с использованием отходов магнитной сепарации, целесообразно вводить отходы магнитной сепарации железных руд в количестве 50 масс. % отхода и осуществлять спекание с изотермической выдержкой при 1100 °С.

3.4 Исследование влияние среды обжига на свойства керамики

Для реализации спекания в восстановительной среде вводили добавку шлама в количестве 5 %. Данное количество выбрано с учетом норм технологического проектирования ввода вторичной добавки.

В таблице 3.8 представлены составы исследуемых керамических образцов.

Таблица 3.8– Состав керамических образцов, масс. %

Номер состава	Содержание глины Мировского месторождения	Содержание шлама	Содержание отходов обогащения железных руд	Относительная влажность прессования
1	95	5	0	10
2	90	5	5	10
3	85	5	10	10
4	75	5	20	10
5	65	5	30	10
6	55	5	40	10
7	45	5	50	10

Из графиков зависимости водопоглощения от количества добавки наблюдаем, что введение шлама, выполняющего роль выгорающей добавки, приводит к увеличению водопоглощения, примерно на 20 %.

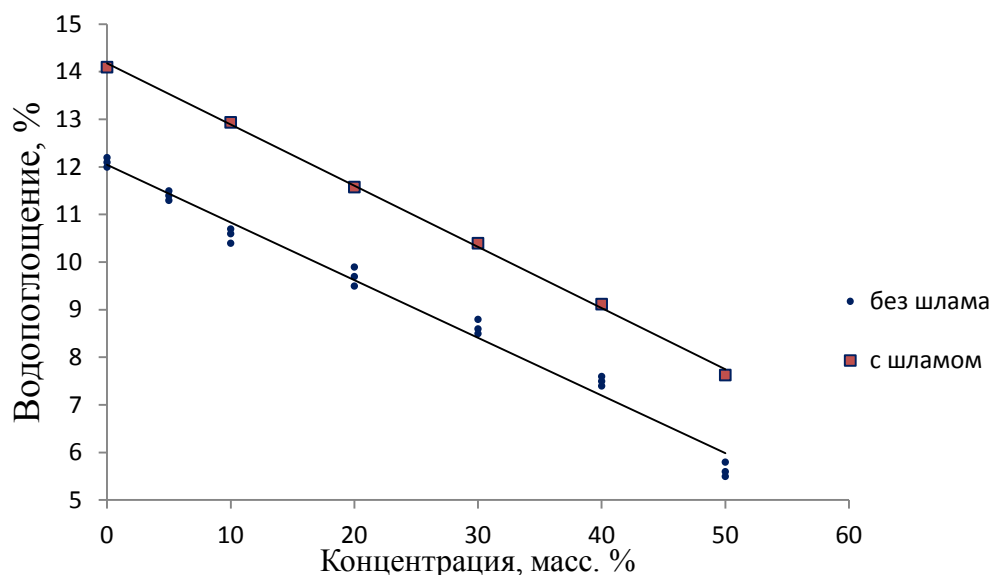


Рисунок 3.7 – Изменение водопоглощения керамических образцов в зависимости от концентрации отходов магнитной сепарации

На рисунке 3.8 приведены результаты исследования прочностных характеристик исследуемой керамики.

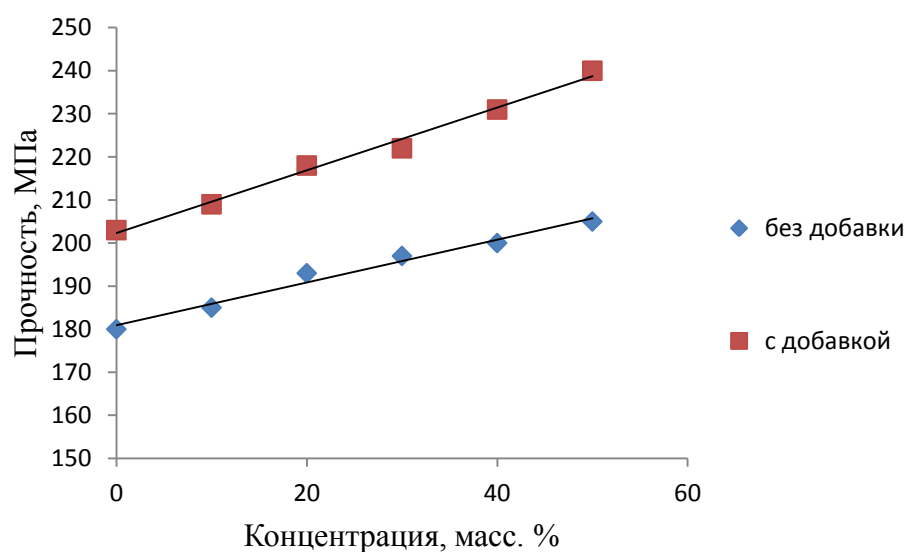


Рисунок 3.8 – Зависимость прочности керамических образцов от концентрации отходов магнитной сепарации

Согласно представленным данным прочность образцов, содержащих шлам больше, чем у образцов без шлама в среднем на 17 %. Такое улучшение прочностных свойств получаемой керамики можно объяснить уменьшением

количества кварца и увеличением содержания альбита в составе керамики, что подтверждается данными рентгенофазового анализа, приведенными на рисунке 3.9.

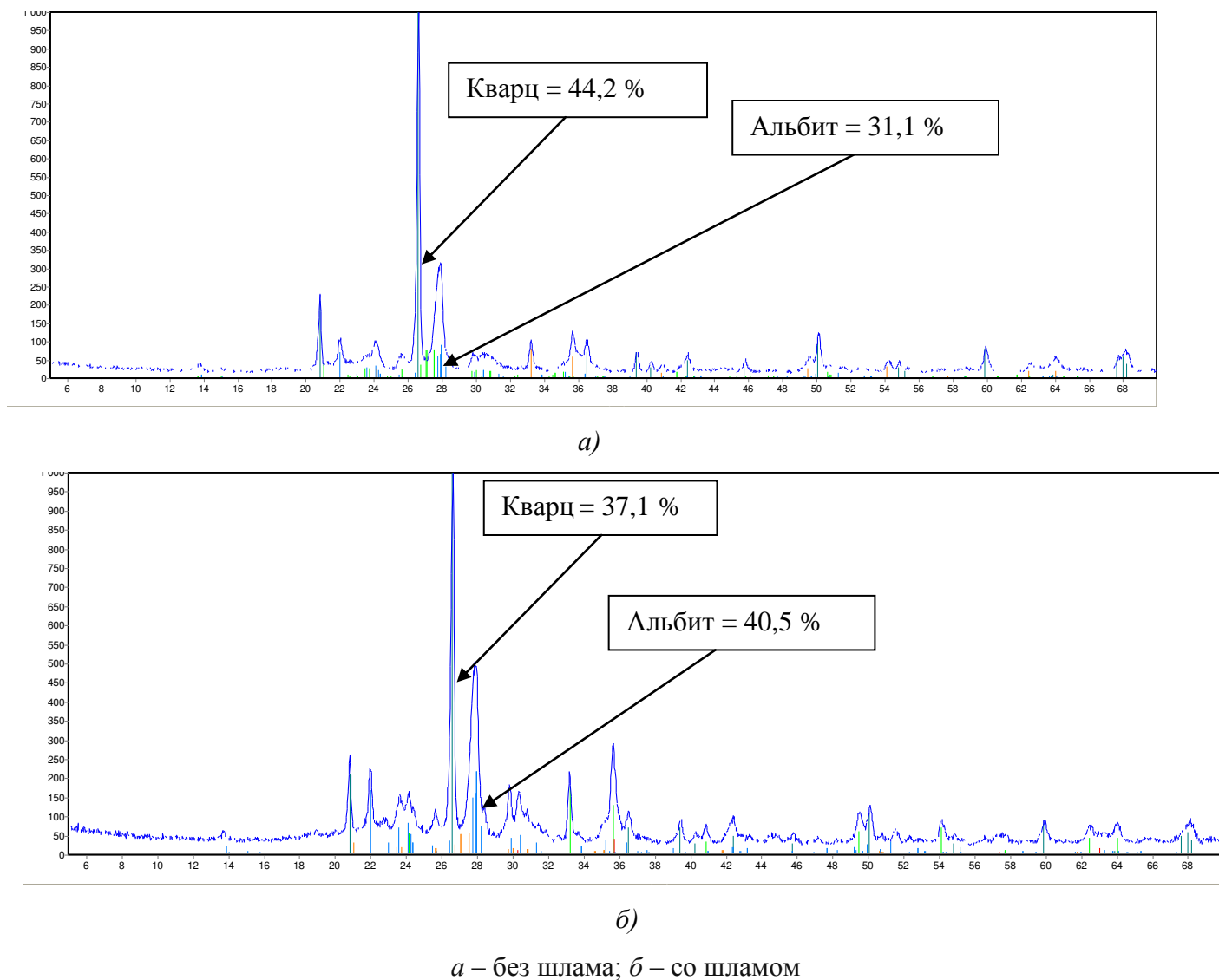


Рисунок 3.9 – Рентгенограммы керамических образцов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исследовано влияние содержания добавки отходов магнитной сепарации Абаканского месторождения на свойства керамических образцов, полученных методом полусухого формования.

2. Установлено, что увеличение концентрации отходов до 50 масс. % приводит к уменьшению водопоглощения с 17 до 13 % , при этом пористость понижается от 30,5 до 21%.

3. Изменение температуры обжига кирпича от 950 до 1100 °С, с содержанием отходов магнитной сепарации в количестве 50 масс. % приводит к снижению пористости от 21 до 10,5 %, водопоглощения – от 13 % до 6 %.

4. Реализация процесса спекания в восстановительной атмосфере повышает прочность получаемой керамики на 17 %. Такое улучшение прочностных свойств получаемой керамики связано с увеличением содержания альбита в составе керамики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Основные виды керамических материалов и изделий [Электронный ресурс] Электрон. дан. – Режим доступа: <http://gardenweb.ru>.
- 2 Сырье для керамических материалов и изделий [Электронный ресурс] Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.studfiles.ru>.
- 3 Кондратенко, В.А. Керамические стеновые материалы: оптимизация их физико-технических свойств и технологических параметров производства / В.А. Кондратенко. – М.: Композит, 2005. – 512 с.
- 4 Строительные материалы [Электронный ресурс] Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.rifsm.ru/editions/journals/1/>. – 2008. – № 3.
- 5 Общая схема производства керамических изделий [Электронный ресурс] Электрон. дан. – Режим доступа: <http://msd.com.ua>.
- 6 Влияние температуры обжига на формирование структуры керамических стеновых материалов из тонкодисперсных отходов обогащения железных руд/ А.Ю. Столбоушкин, Г.И. Бердов, О.А. Столбоушкина, В.И. Злобин// Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2014. – № 1(661). С. 33–41.
- 7 Балкевич, В.А. Техническая керамика: Учеб. Пособие для вузов.-2-е изд / В.А. Балкевич. – М.:Стройиздат, 1984. – 256 с.
- 8 Микульский, В.Г. Строительные материалы (Материаловедение. Строительные материалы)/ В.Г. Микульский. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – С. 115-116.
- 9 Сырье для производства керамических изделий [Электронный ресурс] Электрон. дан. – Режим доступа: <http://betonotech.ru>.
- 10 Боровских, И.В. Оптимизация гранулометрического состава песка для получения высокопрочного тонкозернистого бетона / И.В. Боровских, Н.В. Морозов, В.Г. Хозин. // Известия КазГАСУ – 2008 – №2 (10) – С.121-124.

11 ГОСТ 9169 Сырье глинистое для керамической промышленности. Классификация. – Введ. 1.07.1976. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1976 – 6 с.

12 Фомина, О.А. Формирование рациональной поровой структуры стеновой керамики из шламистых железорудных отходов./ О.А. Фомина, А.Ю. Столбоушкин // Строительные материалы. – 2015. – № 12. С. 1–5.

13 Пат. 2374206 Российская федерация, МПК С04В 35/16 (2006.01) Сырьевая смесь/ В. П. Павлович, Е. Ф. Кочегарова, Л. А. Орлова, Н. Ю. Михайленко, И. Ю. Колокольчиков – 2008146325/03; заявл. 25.11.2008; опубл. 27.11.2009

14 Пат. 2209795 Российская федерация, МПК С04В 33/00 (2000.01) Сырьевая смесь/ Л. П. Гулев, В. Н. Ельников, Е. А. Ермолович, А. А. Сухарев, В. К. Томаев, И. А. Шок – 2001107460/03; заявл. 20.03.2001; опубл. 10.08.2003

15 Yakimov I.S. System of X-Ray Identification of Substantially Multiphase Materials // Inorg. Mater. – 2008. – Vol. 44. – № 14. – P. 54-58.

16 ГОСТ 530–2012 Кирпич и камень керамические. Общие технические условия – Взамен ГОСТ 530–2007; принят 4.06.2012; введ. 1.07.2013 – Москва: Стандартинформ, 2012. – 39 с.

17 ГОСТ 7025-91 Кирпич и камень керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости – Взамен ГОСТ 7025-78; принят 12.02.1991; введ. 1.07.1991 – Москва: Стандартинформ, 2006. – 49 с.

18 ГОСТ 7025-91 Сырье глинистое для керамической промышленности. Классификация – Взамен ГОСТ 9169-59; принят 05.11.1975; введ. 1.07.1976 – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2001.

19 Monteiro S., Vieira C. On the production of fired clay bricks from waste materials: A critical update Review Article. // Construction and Building Materials. – 2014. – № 68. – P. 599–610.

20 Innovative methodology for comprehensive utilization of iron ore tailings: Part 2: The residues after iron recovery from iron ore tailings to prepare cementitious

material Original Research Article / Li. Chao, Sun. Henghu, Yi. Zhonglai, Li. Longtu // Journal of Hazardous Materials. – 2010. – Vol. 1–3(174). P. 78–83.

21 Zhang, L. Production of bricks from waste materials // Constr. Build. Mater. – 2013. Vol. 47. – 643–655.

22 Никифорова, Э.М. Минерализаторы в керамической промышленности: монография / Э.М. Никифорова. – Красноярск: ГУЦМиЗ, 2004 – 108 с.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт цветных металлов и материаловедения

институт

Композиционные материалы и физико-химия металлургических процессов
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой


подпись

Шиманский А. Ф.

инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2017 г

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

22.03.02.08– Порошковая металлургия, композиционные материалы, покрытия
код – наименование направления

Использование отходов магнитной сепарации железных руд в технологии
керамического кирпича
тема

Руководитель


подпись, дата


доцент, канд.хим.наук

должность, ученая степень

М. Н. Васильева

инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

Д. Е. Апанская

инициалы, фамилия

Красноярск 2017